

Helsinki 2.8.2000

PCT/FI 00 / 00503

REC'D 23 AUG 2000

WIPO

PCT

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT

09/980951



Hakija  
Applicant

Valtion teknillinen tutkimuskeskus  
Espoo

Patenttihakemus nro  
Patent application no

991294

Tekemispäivä  
Filing date

07.06.1999

Kansainvälinen luokka  
International class

B03B

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Nikkelirikasteen valmistusmenetelmä"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

*Eija Solja*  
Eija Solja  
Apulaistarkastaja

Maksu 300,- mk  
Fee 300,- FIM

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328  
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328  
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

## Nikkelirikasteen valmistusmenetelmä

### Johdanto

- 5 Keksintö liittyy mineraalien rikastustekniikkaan ja koskee nikkelirikasteen valmistusmenetelmää (= nikkelimalmien rikastusprosessia).

10 Maapallon nikkelituotanto on pääosin peräisin magmaattissyntyisistä magneettikiisu-pentlandiitti-kuparikiisumalmeista, joissa silikaatit ja magneetti-kiisu ovat määrällisesti dominoivia mineraaleja. Arvosulfideja, pentlandiittia ja kuparikiisua, on vähän, useimmiten vain muutamia prosentteja. Näiden rikastamiseksi on perinteisesti noudatettu seuraavia metodeja:

- 15 • Materiaali on murskattu ja jauhettu vaahdotushienouteen, jolloin eri arvomineraalipartikkelit ovat pääosin omina erillisinä rakeina (puhtaaksi-jauhatusaste on jo tässä vaiheessa korkea). Tämän jälkeen on vaahdotettu yhteissulfidirikaste (Ni-pitoisuus 4 - 6 %). Kuparirikkaammista malmeista on joskus erotettu Cu-rikaste erikseen ennen nikkelivaahdotusta.
- 20 • Rikasteen Ni-pitoisuutta on saatu nousemaan (tasolle 6 - 10 %) ja määrää pienemään painamalla magneettikiisua vaahdotuksessa jätteeseen. Saantitappiot ovat estäneet magneettikiisun kvantitatiivisen painamisen, sillä pentlandiitin ja magneettikiisun vaahdotusominaisuuksissa ei ole löydetty riittävän suurta eroa selektiivisen erotuksen onnistumiseksi.
- 25 • On suoritettu magneettikiisun magneettisia erotuksia prosessin eri vaiheiden tuotteille (syöte, esirikaste, rikaste), yleensä vaahdotushienouteen saatetulle materiaalille. Tämä on antanut kuitenkin vain osittaisen ratkaisun, koska kaikkea magneettikiisua ei saada poistettua magneettisesti tässä hienoudessa. Magneettikiisun eri faasit, monokliininen/ferromagneettinen ja heksagoninen /paramagneettinen, ovat jo tässä hienoudessa erillään toisistaan. Toisaalta magneettinen erotus ei ole riittävän
- 30 selektiivinen hyvin hienoissa raeluokissa ja hienoja arvomineraaleja päättyy magneettiseen fraktioon. Nikkelin saantitappiot ovat olleet niin suuret, että magneettisesta erotuksestakaan ei ole tullut yleisesti käyttöönotettua menetelmää korkealaatuisten nikkeli-rikasteiden tuottamiseksi.

## Keksinnön yleinen kuvaus

5 Nyt on keksitty patenttivaatimuksen 1 mukainen nikkelikasteen valmistusmenetelmä. Muissa vaatimuksissa esitetään eräitä keksinnön edulliseen hyödyntämiseen liittyviä näkökohtia.

Menetelmä voi sisältää seuraavat vaiheet:

1. Mineraalien selektiivinen, asteittainen hienonnus prosessin eri vaiheissa
2. Magneettikiisun erotus magneettisin menetelmin
3. Karkeavaahdotus ja karkean silikaattifraktion poisto
- 10 4. Vaahdotus
5. Magneettikiisurikasteen liuotus ja arvometallien saostus

Menetelmän avulla saadaan hyvällä arvomineraalisaannilla nikkeli-pitoisuudeltaan korkeaa rikastetta perinteiseen nikkelikastukseen verrattuna pienemmin investointi- ja käyttökustannuksin. Rikasteen laadun paranemisella on tuntuva ekonominen ja  
15 ekologinen merkityksensä myös valmistettujen rikasteiden jatkojalostusketjussa.

## Keksinnön yksityiskohtainen kuvaus

20 Uusi menetelmä perustuu käsiteltävien mineraalien luonnollisen selektiivisen hienontuvuuden hyödyntämiseen käyttäen vanhoja, hyväksi koettuja rikastuskeinoja, luokitusta, magneettista erotusta ja vaahdotusta tavoitteena korkealaatuiset nikkeli- (ja kupari-) rikasteet mahdollisimman korkein arvometallisaannein. keksinnönmukainen hienonnus ja rikastusmenetelmien valinta ja niiden yhdistäminen uudella tavalla perustuu havaittuun arvo-mineraalien esiintymiseen hyödynnettävässä malmis-  
25 sa:

- Kyseisessä malmityypissä sulfidit esiintyvät keskenään yhteenkasvettuneina yleensä niitä huomattavasti kidekooltaan suurempien silikaattien välitiloissa. Pentlandiitti esiintyy aina ja kuparikiisu lähes aina magneettikiisun sisällä tai kyljessä.
- Pääosa pentlandiitista (70 - 80 %) esiintyy omamuotoisina kiteinä ( $\emptyset$  0,3 - 20  
30 mm), jotka ovat sisäisesti pirstoutuneet ( $\emptyset$  0,01 - 0,3 mm). Alkujaan ehyt pentlandiittikide on alkuperäisessä asemassaan magneettikiisussa useimmiten kymmeninä pirstaleina. Pieni osa pentlandiitista (5 - 10 %) on pieni-kiteisinä (alle  $\emptyset$  0,1 mm) raejonoina magneettikiisukiteiden raja-pinnoilla ja pieni osa (5 %) suotaumaliekkeinä (alle  $\emptyset$  0,02 mm) magneettikiisussa.

- Magneettikiisu on useissa malmeissa monokliinisen (ferromagneettisen) ja heksagonisen (paramagneettinen) faasin seos. Mineraali sisältää nikkeliä rautaa korvaavana keskimäärin 0,3 - 0,4 % (ns. hilanikkeli).

- 5 Perustuen edellä esitettyihin mineralogisiin seikkoihin ja käyttäen tukena jäljempänä esitettyjä alustavia, suuntaa-antavia koetuloksia esitetään korkealaatuisen nikkelirikasteen tuottamiseksi seuraavaa prosessia:

## 1. Mineraalien selektiivinen hienonnus

10

### *Hienomurskaus tai karkeajauhatus*

- Hienonnuksen tavoitteena on vapauttaa sulfidit silikaateista ja saattaa arvomineraalit pentlandiitti ja kuparikiisu vaahdotushienouteen mahdollisimman varhaisessa vaiheessa ylijauhautumisen minimoimiseksi. Sulfidien vapauttaminen silikaateista ei vaadi silikaattien hienontamista kidekokoaan hienommaksi. Esimerkkimalmilla tehdyissä kokeissa riitti ko. hienonnusvaiheen hienousasteeksi 100% -4 mm. Hienon-  
 15 nuslaitteeksi voidaan valita efektiivisin, taloudellinen, optimaalisesti raerajoja (karkea, kovempi silikaatti / pehmeämpi sulfidi) pitkin hienontava laite, joka hienon-  
 20 taa niin, että pehmyt sulfidiosue rikkoontuu (pentlandiittipirstaleet vapautuvat magneetti-kiisusta ja mahdollisimman pitkälle myös magneettikiisu vapautuu silikaateista), mutta silikaattikiteet ei välttämättä sanottavasti hienonnu. Merkittävä osa pentlandiitista ja kuparikiisusta vapautuu vaahdotushienouteen jo ko. hienonnusvaiheessa.

25

### *Vahvamagneettisen tuotteen jauhatus*

- Vahvamagneettisen erotuksen magneettisen tuotteen pitäisi sisältää kaikki vähänkin magneettikiisua sisältävät rakeet. Silloin päätyisi tähän tuotteeseen myös kaikki vapautumaton pentlandiitti ja valtaosa vapautumattomasta kuparikiisusta. Magneettisesta tuotteesta luokitetaan erilleen hieno ja karkea aines. Luokitusraja on malmitypistä riippuen välillä Ø 0,1-0,3 mm. Karkea osa johdetaan lisäjauhatukseen sekarakaiden särkeämiseksi ja arvomineraalien vapauttamiseksi.
- 30

### *Vaahdotuspiirin kertausjätteen jauhatus*

Vaahdotuspiirin syötteen karkeuden huomioiden on luonnollista, että kertausjätteisiin voi kumuloitua karkeita, lopulliseen rikasteeseen kelpaamattomia sekarakeita, jotka voidaan hajottaa kevyellä lisäjauhatuksella ja palauttaa tuote sopivaan kohtaan vaahdotuspiiriä.

## **2. Magneettinen erotus**

### *10 Vahvamagneettinen erotus*

Primäärinen magneettierotus suoritetaan hienomurskeesta/karkeajauheesta, jolloin erotetaan kaikki magneettikiisua sisältävät rakeet magneettiseen tuotteeseen. Erotinlaitteen on oltava kenttävoimakkuudeltaan kulloisellekin tapaukselle riittävä. Monokliiniselle magneettikiisulle riittää heikompi kenttävoimakkuus, kun taas heksagoninen magneettikiisu vaatii erottuakseen magneettiseen tuotteeseen huomattavasti suuremman kenttävoimakkuuden. Vahvamagneettisen erotuksen magneettisesta tuotteesta erotetaan luokituksella hieno, puhdas magneettikiisu ja karkea, sekarakeinen magneettikiisu, joka lisäjauhetaan.

20

### *Heikkomagneettinen erotus*

Erotus suoritetaan erotinlaitteella, joka erottaa magneettiseen tuotteeseen vain puhtaan magneettikiisun. Näin saadaan tuote, jonka nikkelpitoisuus on yleensä 0,8 - 1,0 %:n suuruusluokassa (sisältää magneettikiisussa olevan hilanikkelin ja pienen määrän pentlandiittipartikkeleita, jotka ovat suurimmaksi osaksi magneettikiisun sisällä olevia pieniä sulkeumia). Nikkelin saanti magneettiseen tuotteeseen on vastavasti 10 - 15 %:n kertaluokkaa. Magneettierotuksen jäte (= ei-magneettinen tuote, joka sisältää silikaatteja, pentlandiittia ja kuparikiisua), on massaltaan pieni ja sisältää merkittävästi arvosulfideja. Se johdetaan yhdessä primäärierotuksen jätteen kanssa vaahdotuspiiriin.

30

## **3. Karkeavaahdotus ja karkean silikaattifraktion poisto**

Vahvamagneettisen erotuksen jäte (pääosa syöttestä) luokitetaan käyttäen luokitusrajana maksimiraekokoa, jossa arvosulfidit vielä perinteisessä vaahdotusprosessissa

35

kvantitatiivisesti vaahdottuvat (esim. Ø 0,25mm). Luokituksen alitteesta vaahdoteetaan karkeavaahdotustekniikalla arvosulfidit ja rikaste syötetään tuotteen laadun saanelemaan sopivaan prosessivaiheeseen varsinaisessa vaahdotuspiirissä. Vaahdotusjäte on karkeaa silikaattiaainesta, joka toimitetaan joko jätealueelle tai hyötykäyttöön.

5

#### 4. Vaahdotus

Vaahdotuksessa erotetaan arvosulfidit silikaateista omaksi (Ni-Cu-yhteisrikaste) tai omiksi rikasteikseen (Ni- ja Cu-rikasteet) normaalin sulfidivaahdotuksen olosuhteissa. Kyseessä on pentlandiitin ja kuparikiisun vaahdottaminen eroon silikaateista ja mahdollisista muista sulfideista, kuten heksagonisesta magneetikiisusta ja pyriitistä. Esirikasteen kertauksissa pääasiallinen paino on silikaattien poistolla, jossa käytetään tunnettua tekniikkaa. Kertausjätteiden karkeapää voidaan palauttaa välijauhautukseen ja sieltä vaahdotukseen, jossa sekarakeisuus tulisi ilman välijauhautusta aiheuttamaan kumuloituvaa kiertokuormaa kertauspiiriin ja myös saantitappioita.

#### 5. Liuotus

Magneetikiisun poisto aiheuttaa noin 10 - 20 %:n saantitappiot nikkelin osalta. Magneetikiisufraktion nikkelipitoisuus on yleensä 0,8 - 1,5 %, edullisesti 0,8 - 1,0 %. Haluttaessa voidaan vielä ottaa talteen tähän tuotteeseen sisältyvä nikkeli liuotusteitse, esimerkiksi atmosfäärillä happiliuotuksella, hapettavalla paineliuotuksella tai bakteeriliuotusmenetelmillä. Arvometallit saostetaan liuoksesta sopivaa menetelmää käyttäen, jolloin saadaan sakka (tai selektiivisaostuksen tapauksessa sakat), joka (jotka) voidaan jatkojalostaa esimerkiksi yhdessä rikasteiden kanssa.

#### Menetelmän tuottamat edut

Menetelmällä päästään alustavien, laboratoriomittakaavaisten, panoskokeiden tulosten perusteella arvioituna rikasteen nikkelipitoisuudessa 20 %:n tasolle, jolloin Ni-saanti on 70 - 75 % tasolla. Lisäksi on liuotusteitse hyödynnettävissä magneetikiisurikasteen sisältämä nikkeli, joten kokonaissaantitappio on 10 - 15 %:n suuruusluokassa tai alle sen. Rikasteiden määrät ovat tuntuvasti pienemmät verrattuna perinteisillä menetelmillä tuotettuihin rikasteisiin.

35

Prosessin hallinta yksinkertaistuu verrattuna perinteisiin nikkelirikastamoihin, kun vaahdotuspiirin massavirrat ovat tuntuvasti pienemmät magneettikiisu- ja silikaattipoiston ansiosta. Lisäjauhettavat tuotteet ovat massaltaan pieniä ja laadultaan suhteellisen homogeenisiä, jolloin jauhatusprosessi on paremmin kontrolloitavissa.

5

Tällä menetelmällä voidaan eliminoida myös monille nikkelimalmeille tunnusomainen ongelma, joka aiheutuu hienosta jauhatuksesta silikaattien läsnäollessa - keksinnön mukaisella menetelmällähän pääosa silikaateista poistetaan prosessista tuntuvasti karkeampana verrattuna perinteiseen. Perinteisellä koko materiaalin samanaikaisella hienojauhatuksella syntyy vaahdotusta vaikeuttavaa ja tuotteiden laatua huonontavaa yli hienoa (kolloidaalista) mineraaliainesta (liejua), joka samalla tekee vaahdotuspiirin moni-mutkaisemmaksi ja lisää kemikaalien kulutuksia (lisää prosessikustannuksia).

10

15 Rikastamon investointi- ja käyttökustannukset tulevat pieneneään keksinnön mukaisella menetelmällä mm. seuraavista syistä:

- Hienonnuslaitteisto ja hienonnusenergian käyttö voidaan minimoida.
- Vaahdotuspiiri voidaan tehdä laitteiltaan ja käytöltään normaalia pienemmäksi
- Rikasteen määrä pienenee, joten käsittelykustannukset (suodatus, kuivaus yms.)

20

pienenevät.

Rikasteen laadun nousu ja määrän pieneminen vaikuttavat merkittävästi jatkojalostusketjussa:

- Rahtikustannukset pienenevät
- Sulattokustannukset pienenevät
- Savukaasuista talteenotettavan rikin määrä pienenee

25

Oheisessa kuvassa esitetään esimerkkinä erään keksinnön mukaisen prosessin virtauskaavio.

30

**Keksinnön mukaisella menetelmällä suoritettuja esimerkkikokeita**

Malminäyte murskattiin leukamurskaimella ja hienonnettiin edelleen valssimurskaimella asteittain seuloen raekokoon -1,4 mm. Seula-analyysiä ei tehty. Jatko-

35 prosessin tuotteiden seula-analyysistä voidaan päätellä, että materiaalista n. 60 % oli alle 0,25 mm (pentlandiitista n. 90 % ja kuparikiisusta n. 85 %). -0,032 mm fraktion osuus koko murskeesta on 20 %.

alle 0,25 mm (pentlandiitista n. 90 % ja kuparikiisusta n. 85 %). -0,032 mm fraktion osuus koko murskeesta on 20 %.

5 Magneettikiisu poistettiin vahvamagneettisella neorem-magneeteilla varus-tetulla rumpuerotuslaitteella (magneetikentän voimakkuus erotussolassa noin 0,1 T ja rummun pinnalla 0,3 T) märkäerotuksena. Magneettikiisun poisto onnistui likimain täydellisesti. Laskennallinen menetys ei-magneettiseen tuotteeseen oli 2,9 %.

10 Vahvamagneettisen erotuksen magneettisen tuotteen luokituksella (seula 0,125 mm) erotettiin lisäjauhatusta varten karkeat, magneettikiisupitoiset rakeet hienosta jo arvomineraaleista vapaasta (lukuunottamatta pentlandiittisuo-tautumia) magneettikiisusta. Karkean tuotteen lisäjauhatuksen tarkoituksena oli vapauttaa magneettikiisupartikkelien kylkiäisinä olleet pentlandiitti- ja kuparikiisurakeet. Tämän jälkeen  
15 tehtiin jauhetulla tuotteella magneettinen kertaus SALA:n heikkomagneettisella märkäerottimella.

Hieno, miltei arvomineraaleista vapaa magneettikiisu poistettiin omaksi tuotteekseen (magneettikiisurikaste). Laite oli SALA:n märkä, heikko-magneettinen rumpuerotin. Koe suoritettiin tekemällä magneettiselle tuotteelle lisäksi yksi kertauserotus  
20 (puhdistus) samalla erottimella.

Magneettikiisurikaste edellisestä kokeesta:

- magneettikiisupitoisuus oli 99 %
- nikkelpitoisuus oli 0,88 %
- 25 - magneettikiisun saanti oli 91 %
- nikkelin saanti oli 14 %
- kuparin saanti oli 7 %
- rakeisen pentlandiitin saanti oli 3 %

30 Yhdistetyillä magneettierotuksen ei-magneettisilla tuotteilla tehtiin vaahdotus. Vaahdotuksessa rikastettiin pentlandiitti ja kuparikiisu silikaattien jäädessä jätteesseen (osittain hyvinkin karkeana). Vaahdotuksen jätteesseen menivät myös magneettikiisu (vähäinen määrä heksagonista, magneettierotuksen läpäissyttä) ja pyriitti.

35 Esivaahdotuksessa, jossa pH-olosuhteet oli säädetty rikkihapolla ( $H_2SO_4$ ) arvoon 6,5 malmin luontaisesta arvosta (9,0). Happoa kului 0,57 kg/t syötettä. Esivaahdotukseen lisättiin 300 g/t NaIBX (natriumisobutyliksantaattia) ja 60 g/t vaahdotetta (Dowfroth 250). Tulos oli seuraava:



- rikasteen nikkelpitoisuus oli 8,1 % ja kuparipitoisuus 2,4 %
  - sulfidipitoisuus oli 41 %
  - saannit olivat: nikkeli 78,2 %, kupari 82,9 %, pentlandiitti 88 %
  - nikkelitapitot jätteeseen olivat: +0,25 mm 4,1 %, 0,032 - 0,25 mm 1,5 %, -
- 5      0,032 mm 2,4 %

Esirikasteelle suoritettiin kaksi kertausta, joista ensimmäiseen lisättiin 100 g/t CMC:aa ja 50 g/t NaIBX:a. pH oli tässä kertausvaahdotuksessa 8,3-8,2. Toiseen kertausvaahdotukseen lisättiin 170 g/t soodaa ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), jolloin lietteen pH-arvo

10 kohosi 10,0:aan. Lisäksi annostettiin tähän vaiheeseen 50 g/t CMC:aa ja 75 g/t NaIBX:a. Valmennusajat olivat kummassakin kertauksessa CMC:lle 5 min ja NaIBX:lle 2 min. Näin saatiin kahdesti kerrattu rikaste, jonka pääasialliset ominaisuudet olivat seuraavanlaiset:

- rikasteen nikkelpitoisuus oli 14,5 % ja kuparipitoisuus 4,3 %
- 15 - sulfidipitoisuus oli 74 %
- saannit olivat: nikkeli 72,9 %, kupari 77,5 %, pentlandiitti 82,1 %

Oheisessa taulukossa esitetään kokeen analyysit, mineraalipitoisuudet ja saannit.

- 20 Myöhemmässä kokeessa päästiin 1 %:n Ni-malmilla jo yhdellä kertausvaahdotuksella rikasteen Ni-pitoisuuteen 20,3%. Tämä koe erosi ensimmäisestä kokeesta lähinnä siinä, että vaahdotuksen syöte oli Ni-pitoisuudeltaan runsas kaksinkertainen edelliseen verrattuna (1,48 % Ni/ 0,65 % Ni). Alkuperäisten malminäytteiden pitoisuus suhde oli vastaavasti 1,0 % Ni / 0,67 % Ni. Lisäksi erona oli esivaahdotuksen
- 25 pH-arvo, joka jälkimmäisessä kokeessa oli 9,0-8,4; pH-säätäjänä  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ja esivaahdotuksessa käytetty sulfidikokooja kaliumbutyyliksantaatti KBX (100 g/t), edellisen kokeen NaIBX:n sijasta. Kokooja kemikaalit ovat käytännöllisesti katsoen samat, joten eron tuloksiin aiheuttivat lähinnä hieman rikkaampi malmi ja edullisemmat vaahdotusolosuhteet (muut sulfidit eivät vaahdottuneet rikasteeseen korkeamman pH-arvon ja pienemmän kokooja-annostuksen takia). Näin päästiin
- 30 edellä mainittuun parempaan tulokseen.

## Analyysit, mineraalipitoisuudet, saannit

Analyysi, mineraalipitoisuudet, saannit																			
Tuote	Sealaluokka	Paino	Analyysit		Mineraalipitoisuudet					Saannit					Saannit pölrissä				
			%	Ni	Cu	S	NiP*	CuK	Fek	SK	MUUT	Ni	NiP	CuK	Fek	MUUT	NiP	CuK	Fek
Syöte	mm																		
	Bulk	100,0	0,635	0,177	5,12	1,64	0,51	10,8	0,1	87,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0			
	Bulk	9,99	0,878	0,119	39,90	0,54	0,34	99,0		0,1	13,8	3,3	6,7	91,3	0,0				
	Bulk	90,02	0,608	0,184	1,26	1,77	0,53	1,0	0,2	96,7	86,2	96,8	93,3	8,0	100,1				
	Bulk	6,11	8,125	2,377	15,44	23,68	6,86	10,3	2,1	59,1	78,2	88,0	82,0	5,8					
Esivaahd. jäte	0,500-1,000	18,81	0,070	0,050	0,38	0,20	0,14	0,5	0,1	99,0	2,1	2,2	5,3	0,9	21,4				
	0,250-0,500	18,35	0,070	0,030	0,22	0,20	0,09	0,2	0,0	99,4	2,0	2,2	3,1	0,4	21,0				
	0,125-0,250	10,98	0,030	0,010	0,10	0,09	0,03	0,1	0,0	99,7	0,5	0,6	0,6	0,1	12,6	90,9	87,9	72,6	
	0,063-0,125	11,13	0,030	0,009	0,09	0,09	0,03	0,1	0,0	99,8	0,5	0,6	0,6	0,1	12,8				
	0,032-0,063	9,67	0,030	0,010	0,09	0,09	0,03	0,1	0,0	99,8	0,5	0,5	0,5	0,1	11,1				
KR1	-0,032	14,97	0,101	0,014	0,34	0,29	0,04	0,5	0,1	99,1	2,4	2,6	1,2	0,6	17,1				
	Bulk	83,91	0,060	0,024	0,229	0,17	0,07	0,4	0,0	99,4	8,0	8,7	11,3	2,9	95,8				
	Bulk	3,88	12,45	3,66	23,27	36,30	10,56	15,0	3,0	35,1	76,1	85,7	80,1	5,4	1,6	97,3	97,7	92,3	
	+0,125	0,41	1,300	0,286	3,26	3,75	0,83	3,4	0,7	91,3	0,8	0,9	0,7	0,1	0,4				
	-0,125	1,82	0,451	0,120	1,50	1,29	0,35	1,9	0,4	96,1	1,3	1,4	1,2	0,3	2,0				
KR2	Bulk	2,23	0,607	0,151	1,82	1,74	0,43	2,2	0,4	95,2	2,1	2,4	1,9	0,4	2,4				
	+0,125	0,90	11,800	3,000	21,40	34,42	8,66	13,8	2,8	40,3	16,7	18,8	15,2	1,2	0,4				
	-0,125	2,30	15,500	4,800	28,60	45,23	13,86	17,4	3,5	20,0	56,2	63,3	62,3	3,7	0,5				
	Bulk	3,20	14,46	4,29	26,58	42,19	12,40	16,4	3,3	25,7	72,9	82,1	77,5	4,9	0,9	95,9	96,8	90,3	
	KJ2	Bulk	0,68	2,970	0,659	7,69	8,56	1,90	8,3	1,7	79,6	3,2	3,5	2,5	0,5	0,6			

NiP\*= rakeinen pentlandiitti Magneetiikisuus Ni=0,7 % sisältää hilaanikkelin - 0,4 % - ja arvioitujen pentlandiittisuotumien si-

sältämän nikkelin

## Patenttivaatimukset

1. Menetelmä nikkelirikasteen valmistamiseksi magneettikiisu-pentlandiittimalmista, tunnettu siitä, että siinä suoritetaan seuraavat vaiheet:
  - malmi hienonnetaan siihen maksimiraekokoon, jossa pääosa sulfidimineraaleista vapautuu silikaatti- ja muista harmemineraaleista ja vapautuneet arvosulfidit ovat suoraan tai lisähienonnuksen kautta rikastettavissa korkealaatuisiksi lopputuotteiksi, joka maksimiraekoko on parhaiten välillä 100 % -10 mm... 100 % -0,5 mm,
  - hienonnetusta malmista erotetaan magneettisesti magneettikiisua sisältävät partikkelit magneettiseksi rikasteeksi (M1), jolloin jäljelle jää epämagneettinen tuote (EM1),
  - haluttaessa magneettista rikastetta (M1) lisäjauhetaan ja erotetaan siitä magneettisen lisäerotuksen avulla magneettikiisu harmeesta ja arvosulfideista,
  - magneettisen erotuksen jätteenä saadut epämagneettiset tuotteet (EM1, EM2) toimitetaan vaahdotukseen, jossa tuotetaan nikkeli- ja/tai muut arvosulfidirikasteet.
2. Vaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa epämagneettisesta tuotteesta (EM1, EM2) poistetaan karkeaa ainesta ennen vaahdotusta.
3. Vaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, jossa magneettista rikastetta (M1) lisäjauhetaan ja lisäjauhatusta siitä poistetaan hienoa ainesta, kuten alle 0,1 - 0,2 mm ainesta.
4. Jonkin vaatimuksen 1 - 3 mukainen menetelmä, jossa vaahdotuksessa suoritetaan ensin esirikastus karkeavaahdotustekniikkaa käyttäen.
5. Jonkin vaatimuksen 1 - 4 mukainen menetelmä, jossa vaahdotus suoritetaan kerraten ja jossa kertausjätteiden karkea pää palautetaan välijauhatukseen.
6. Jonkin vaatimuksen 1 - 5 mukainen menetelmä, jossa, magneettihienomurskeesta otetaan nikkeliä talteen liuottamalla.

### (57) Tiivistelmä

Keksintö koskee menetelmä nikkelikasteen valmistamiseksi magneettikiisu-pentlandiitti-malmista. Menetelmässä malmi hienonnetaan siihen maksimiraekokoon, jossa pääosa sulfidimineraaleista vapautuu silikaatti- ja muista harmineraaleista ja vapautuneet arvosulfidit ovat suoraan tai lisähienonnuksen kautta rikastettavissa korkealaatuisiksi lopputuotteiksi, hienonnetusta malmista erotetaan magneettisesti magneettikiisua sisältävät partikkelit magneettiseksi rikasteeksi (M1). Magneettisen erotuksen jätteenä saadut epämagneettiset tuotteet (EM1, EM2) toimitetaan vaahdotukseen, jossa tuotetaan nikkeli- ja/tai muut arvosulfidirikasteet.

# KEKSINNÖN MUKAAN PROSESSIN VIRTALUOKAATIO



